



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07219243 A**(43) Date of publication of application: **18 . 08 . 95**

(51) Int. Cl. **G03F 9/00**
G01B 11/00
G01M 11/00
G03F 1/08
H01L 21/027

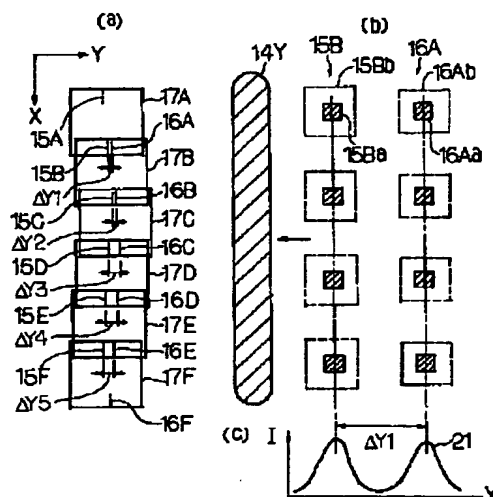
(21) Application number: **06012447**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **04 . 02 . 94**(72) Inventor: **MASUYUKI TAKASHI**(54) **EVALUATING METHOD FOR EXPOSURE DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To decrease stepping error of wafer stage, to shorten the time required for evaluation and to decrease the number of sheets of wafers for evaluation in an evaluation method which evaluates various kinds of characteristics of an exposure device by driving a wafer stage.

CONSTITUTION: The operation to expose mark images 15A, 16A to 15F, 16F for evaluation at an exposure EA/n respectively on shot regions 17A to 17F arranged in an X direction on the wafer with a correct exposure defined as EA is repeated n-times. The lateral deviation quantities of the mark images 15B to 15F for evaluation and the mark images 16A to 16E for evaluation in Y direction are measured. These quantities indicate the bending quantity of a moving mirror for Y-axis at which stepping errors are decreased.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-219243

(43)公開日 平成7年(1995)8月18日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 9/00	H			
G 0 1 B 11/00	C			
G 0 1 M 11/00	T	9309-2G		
G 0 3 F 1/08	N			
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 V
		審査請求 未請求	請求項の数 3	O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-12447

(22)出願日 平成6年(1994)2月4日

(71)出願人 00004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 舩行 崇

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

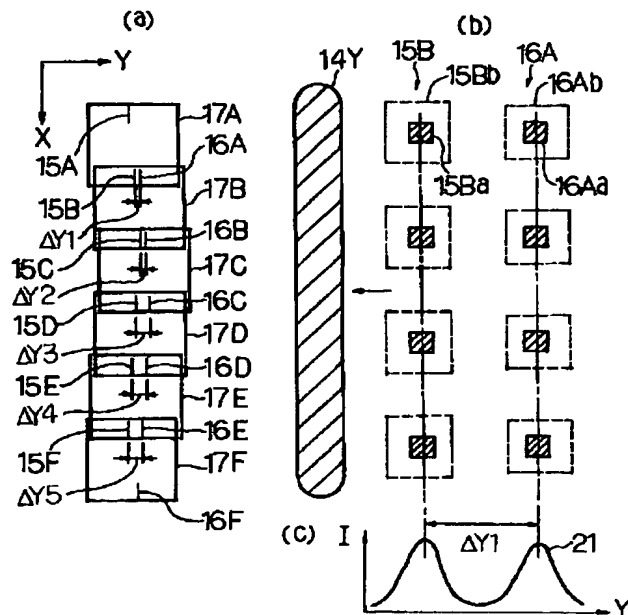
(74)代理人 弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 露光装置の評価方法

(57)【要約】

【目的】 ウエハステージを駆動して露光装置の各種特性の評価を行う評価方法において、ウエハステージのステッピング誤差を軽減すると共に、評価に要する時間を短縮し、且つ評価用のウエハの枚数を削減する。

【構成】 適正露光量をEAとして、ウエハ上のX方向に配列されたショット領域17A~17F上にそれぞれ露光量EA/nで評価用マーク像15A、16A~15F、16Fを露光するという動作をn回繰り返す。評価用マーク像15B~15Fと評価用マーク像16A~16EとのY方向への横ずれ量を計測すると、これがステッピング誤差の低減されたY軸用の移動鏡の曲がり量を表す。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2次元平面内で移動自在なステージ上に載置された感光基板上に、マスク上の転写用のパターンを露光する露光装置の前記ステージの位置決め精度を評価する方法において、

前記マスクとして評価用マークが形成されたマスクを用い、前記ステージ上に評価用感光基板を載置し、前記ステージを駆動して前記評価用感光基板上の複数の計測領域上にそれぞれ前記評価用マークを多重露光し、前記評価用感光基板上の前記複数の計測領域上に多重露光により形成されたマークの位置を計測し、該計測結果に基づいて前記ステージの位置決め精度を評価することを特徴とする露光装置の評価方法。

【請求項 2】 2次元平面内で移動自在なステージ上に載置された感光基板上に、投影光学系を介してマスク上の転写用のパターンの像を露光する露光装置の前記投影光学系のディストーションを評価する方法において、前記マスクとして複数の評価用マークが形成されたマスクを用い、前記ステージ上に評価用感光基板を載置し、前記複数の評価用マークの像を前記投影光学系を介して前記評価用感光基板上の複数の計測領域上に露光する第 1 工程と；前記ステージを駆動して、前記複数の評価用マークの内の 1 個の評価用マークの像を前記評価用感光基板上の複数の計測領域に対して所定の位置関係を有する領域にそれぞれ多重露光する第 2 工程と；前記第 1 工程で露光された前記評価用マークの像の位置と前記第 2 工程で露光された前記評価用マークの像の位置との差から前記投影光学系のディストーションを求める第 3 工程と；を有することを特徴とする露光装置の評価方法。

【請求項 3】 前記第 1 工程では、前記評価用感光基板上に前記複数の評価用マークの像を多重露光することを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置の評価方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、マスクパターンを感光基板上に露光する露光装置の評価方法に関し、例えば露光装置の感光基板側のステージの位置決め精度の計測、又は露光装置に装着された投影光学系のディストーション計測等に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 例えば半導体素子、又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、一例として「レチクル」を使用する）のパターンをウエハ（又はガラスプレート等）上に露光する露光装置が使用されている。斯かる露光装置では、ウエハステージを駆動してウエハの各ショット領域をそれぞれ正確にレチクルのパターンの露光位置に位置決めするため、ウエハステージの位置決め精度を高く維持する必要がある。ウエハステージの位置決め精度に寄与する要因には種々の要因があるが、ウエハステージ

の移動座標を計測するためのレーザ干渉計の移動鏡の曲がりもその一つの要因である。以下では、ウエハステージが移動する 2 次元平面の直交座標系を X 軸及び Y 軸とする。

【0003】 この場合、ウエハステージの座標計測用のレーザ干渉計は、ウエハステージ上に固定された互いに直交する 2 つの平面鏡よりなる X 軸用及び Y 軸用の移動鏡と、X 軸用の移動鏡に対向して配置された X 軸用の干渉計本体部と、Y 軸用の移動鏡に対向して配置された Y 軸用の干渉計本体部、及び θ 軸用の干渉計本体部とより構成されている。X 軸用の干渉計本体部、及び Y 軸用の干渉計本体部によりそれぞれウエハステージの X 座標及び Y 座標が計測され、後者の Y 軸用の干渉計本体部での計測値と θ 軸用の干渉計本体部での計測値との差分から、ウエハステージの回転角が計測される。

【0004】 この状態で、ウエハステージ上に固定された例えば X 軸用の移動鏡の反射面に、Y 軸に沿った曲がりが生じていると、仮にウエハステージを正確に Y 軸に平行に移動させたとしても、X 軸用の干渉計本体部での計測値が変動してしまう。言い換えると、X 軸用の干渉計本体部での計測値が変動しないようにウエハステージを Y 軸に沿って移動させても、実際のウエハステージの移動軌跡は曲がってしまう。従って、何等かの手法で X 軸用の移動鏡の曲がりを計測して計測値を補正しないと、レーザ干渉計で計測された座標値と実際のウエハステージの座標とがずれて、位置決め精度が低下してしまう。

【0005】 従来の移動鏡の曲がりの計測方法の一例は、ウエハステージを例えば Y 軸に平行にステップング移動させて、ウエハ上の Y 軸に沿った配列されると共に、Y 軸方向の端部が重なった一列のショット領域にそれぞれ計測用パターンを露光し、隣接するショット領域に露光されたパターンの X 方向への位置ずれ量を順次計測するという方法である。この場合、ウエハステージの駆動機構の位置決め誤差、及びレーザ干渉計における空気揺らぎ等に起因する計測値のばらつき等からなるウエハステージのステップング誤差を軽減するために、ウエハ上で Y 軸に沿って配列された複数列のショット領域にそれぞれ計測用パターンを露光すると共に、更に複数枚のウエハにも同様な露光を行い、それぞれの計測結果を平均化していた。

【0006】 一方、露光装置の中で投影光学系を備えた投影露光装置においては、その投影光学系に要求される結像特性の許容範囲は極めて厳しいものである。その結像特性の中で、特に投影光学系のディストーション特性（倍率誤差及び投影像の歪曲収差を含む結像特性）については、その投影光学系を投影露光装置に組み込んだ状態で最も良好になるように調整が行われる。この際、そのディストーション特性を計測する必要があるが、従来は以下のような計測方法が使用されていた。

【0007】即ち、先ず1回の露光により、投影光学系の露光フィールド内の複数の計測点に計測用パターンを露光し、次に、ウエハステージをステッピング移動させてそれら各計測点の近傍にそれぞれ1個の計測用パターンを露光する。そして、各計測点において、1回目に露光された計測用パターンと、次のステッピング駆動により露光された計測用パターンとの位置ずれ量を計測し、これら位置ずれ量から投影光学系のディストーションを計測する。この場合、ウエハステージの移動量を基準として投影光学系のディストーションを計測する方式であるため、ウエハステージのステッピング誤差を軽減するために、ウエハ上の複数のショット領域、更には複数枚のウエハに対して露光を繰り返して、計測結果を平均化していた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の技術においては、ウエハステージのステッピング誤差を軽減するため、ウエハ上の多くのショット領域、更には多数のウエハ上のショット領域への露光を繰り返すことにより、計測結果を平均化していた。そのため、計測に長い時間がかかると共に、テストプリント用のウエハが多く使用されて不経済であるという不都合があった。

【0009】また、最近では、ウエハステージの位置決めに対する要求精度が高くなり、且つ投影光学系のディストーションに対する許容誤差が小さくなりつつあるため、計測精度を高めることが求められている。しかしながら、計測精度を高めるためには、更にステッピング誤差を軽減する必要があるため、計測パターンの露光回数を多くしなければならなくなる。そのため、全体の計測時間が更に長くなると共に、使用するウエハの枚数も多くなってしまうという不都合がある。

【0010】本発明は斯かる点に鑑み、ウエハステージを駆動して露光装置の各種特性の評価を行う評価方法において、ウエハステージのステッピング誤差を軽減すると共に、評価に要する時間を短縮し、且つ使用するウエハの枚数を低減することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の露光装置の評価方法は、2次元平面内で移動自在なステージ(5)上に載置された感光基板上に、マスク上の転写用のパターンを露光する露光装置のステージ(5)の位置決め精度を評価する方法において、そのマスクとして評価用マーク(15, 16)が形成されたマスク(1A)を用い、ステージ(5)上に評価用感光基板(W)を載置し、ステージ(5)を駆動してその評価用感光基板(W)上の複数の計測領域(17A~17F)上にそれぞれ評価用マーク(15, 16)を多重露光し、その評価用感光基板上のそれら複数の計測領域上に多重露光により形成されたマークの位置を計測し、この計測結果に基づいてこのステージの位置決め精度を評価するもので

ある。

【0012】また、本発明による第2の露光装置の評価方法は、2次元平面内で移動自在なステージ(5)上に載置された感光基板上に、投影光学系(PL)を介してマスク上の転写用のパターンの像を露光する露光装置の投影光学系(PL)のディストーションを評価する方法において、そのマスクとして複数の評価用マーク(22~26)が形成されたマスク(1B)を用い、ステージ(5)上に評価用感光基板(W)を載置し、それら複数の評価用マークの像を投影光学系(PL)を介して評価用感光基板(W)上の複数の計測領域(22A~26A)上に露光する第1工程と；ステージ(5)を駆動して、それら複数の評価用マークの内の1個の評価用マーク(22)の像をそれぞれ評価用感光基板(W)上の複数の計測領域(22A~26A)に対して所定の位置関係の領域(22B~22F)にそれぞれ多重露光する第2工程と；その第1工程で露光されたそれら評価用マーク(22~26)の像の位置とその第2工程で露光されたその評価用マーク(22)の像の位置との差から投影光学系(PL)のディストーションを求める第3工程と；を有するものである。この場合、その第1工程で、評価用感光基板(W)上に複数の評価用マーク(22~26)の像を多重露光してもよい。

【0013】

【作用】斯かる本発明の第1の露光装置の評価方法によれば、ステージ(5)の位置決め精度を計測するために、例えば図3(a)に示すように、ステージ(5)を駆動して感光基板上の複数の計測領域(17A~17F)にそれぞれ評価用マーク(15, 16)の像を多重露光する。この多重露光の際には、感光基板(W)上での適正積算露光量をEAとして、n回(nは2以上の整数)の多重露光を行うものとする、1回の露光ではEA/nだけの露光量を与える。また、多重露光の方法としては、図3(a)に示すように、ステージ(5)を駆動して最初の計測領域(17A)から最後の計測領域(17F)まで順次露光を行うシーケンスをn回繰り返してもよい。又は、例えば各計測領域(17A)において、所定の時間間隔においてn回の露光を連続して行ってもよい。

【0014】その結果、図5に示すように、感光基板(W)上にはn回の露光が行われるが、ステージ(5)のステッピング誤差により各回の露光位置(A1~An)がずれるようになる。そして、n回の露光が重ねて行われた位置(20)のみに適正積算露光量が与えられるため、評価用マークの露光位置(20)はステッピング誤差を平均化した位置とみなされる。従って、本発明によれば、多重露光によりステッピング誤差を平均化して小さくした状態で各計測領域に評価用マークが露光される。そして、各計測領域(17A~17F)での評価用マーク(15A~15F, 16A~16F)の位置ず

れ量から、ステッピング誤差を小さくした状態でのステージ(5)の位置決め精度が評価される。

【0015】この場合、多重露光の各回での露光時間は通常の露光時間の $1/n$ で済み、多重露光に要する時間はそれ程長くなると共に、感光基板(W)上の1つの計測領域に重ねて露光が行われるため、評価用感光基板(W)の使用枚数を削減できる。また、計測対象のマークの個数が大幅に減少するため、計測時間が大幅に短縮される。

【0016】次に、本発明の第2の露光装置の評価方法においては、投影光学系(PL)のディストーションが計測される。即ち、先ずマスク(1B)上の複数の評価用マーク(22~26)の像を投影光学系(PL)を介して評価用感光基板(W)上の複数の計測領域(22A~26A)上に一括露光する。次に、ステージ(5)をステッピング駆動して、マスク(1B)上の1個の評価用マーク(22)の像をそれぞれ評価用感光基板(W)上の複数の計測領域(22A~26A)の例えば近傍の領域(22B~22F)にそれぞれ多重露光する。この多重露光でも、感光基板(W)上での適正積算露光量をE_Aとして、n回の多重露光を行うものとする、1回の露光ではE_A/nだけの露光量を与える。従って、多重露光によりステッピング誤差が平均化効果により低減される。

【0017】次に、最初の一括露光で露光されたそれら評価用マーク(22~26)の像の位置と、多重露光により露光されたその評価用マーク(22)の像の位置との差から、ステージ(5)のステッピング誤差を低減させた状態で投影光学系(PL)のディストーションが評価される。この場合も、露光時間は短く済み、マークの位置計測の時間が大幅に短縮され、且つ使用する評価用感光基板の枚数も少なくできる。また、第1工程でも多重露光することにより、ステージ(5)のステッピング誤差の影響がより軽減される。

【0018】

【実施例】以下、本発明による露光装置の評価方法の第1実施例につき図1~図4及び図8を参照して説明する。本実施例は、ステップ・アンド・リピート方式でレチクルのパターンを投影光学系を介してウエハ上に転写する投影露光装置(ステッパ)において、ウエハステージの位置決め精度に影響を与える移動鏡の曲がり計測に本発明を適用したものである。

【0019】先ず、図8を参照して、本実施例の評価方法を実施するためのステッパの一例を説明する。図8において、テストレチクル1Aのパターン領域2内には評価用マークが形成され、テストレチクル1Aのパターン領域2の投影像が投影光学系PLを介してウエハW上に投影される。また、テストレチクル1Aのパターン領域2の周囲には、テストレチクル1Aの位置決めを行うための3個のアライメントマーク3A~3Cが形成され、

これらアライメントマーク3A~3Cの位置をそれぞれレチクルアライメント系4A~4Cで検出することにより、投影光学系PLの光軸AXに対してテストレチクル1Aのアライメントが行われる。

【0020】また、ウエハWはウエハステージ5上に吸着保持され、ウエハステージ5上のウエハWの近傍には種々のアライメントマークが形成された基準マーク集合体6が固定されている。ここで、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な2次元平面の直交座標系をX軸及びY軸とする。ウエハステージ5は、X方向及びY方向にステッピング移動してウエハWの位置決めを行うと共に、Z方向に対するウエハWの位置決め(フォーカシング等)をも行う。ウエハステージ5上には、X軸にほぼ垂直な反射面を有するX軸用の移動鏡7X、及びY軸にほぼ垂直な反射面を有するY軸用の移動鏡7Yが固定されている。

【0021】そのX軸用の移動鏡7Xには図示省略したレーザ干渉計本体部からのレーザビームLB_xが照射され、Y軸用の移動鏡7Yには図示省略したレーザ干渉計本体部からのレーザビームLB_y及びLB_θが照射されている。レーザビームLB_x及びLB_yによるX座標及びY座標の計測結果に基づいて、ウエハステージ5のXY平面内でのステッピング動作の制御が行われ、レーザビームLB_y及びLB_θによる座標計測結果の差分から、ウエハステージ5の回転角の補正が行われる。

【0022】また、投影光学系PLの側面部には、オフ・アクシス方式のアライメント系8、このアライメント系8用の対物レンズ9、及び光路偏向用のミラー10が配置され、アライメント系8内の指標マークに対してウエハW上のパターンの像を位置決めした状態で、ウエハステージ5の座標を検出することにより、そのパターンの位置検出を行うことができる。また、投影光学系PLとテストレチクル1Aとの間から、レーザ・ステップ・アライメント方式(以下、「LSA」方式という)のX方向用のアライメント系11X及びY方向用のアライメント系11Yからのアライメント光が、それぞれミラー12X等及びミラー12Y等を介して投影光学系PLに入射する。

【0023】そして、テストレチクル1Aのパターン領域2A内のパターン像が、投影光学系PLを介してウエハW上の所定のショット領域13上に投影露光されるものとする、アライメント系11Xからのアライメント光は、投影光学系PLを介してショット領域13の近傍にY方向に長いスリット状スポット光14Xとして集光され、アライメント系11Yからのアライメント光は、投影光学系PLを介してショット領域13の近傍にX方向に長いスリット状スポット光14Yとして集光される。

【0024】この状態でウエハステージ5をX方向に走査すると、そのスリット状スポット光14Xと被検パタ

10

20

30

40

50

ーンとが合致したときに所定方向への反射光又は回折光が大きくなる。この反射光又は回折光を投影光学系P Lを介してアライメント系11 Xで受光することにより、そのスリット状スポット光14 Xとその被検パターンとが合致するときのウエハステージ5のX座標が求められる。同様に、ウエハステージ5をY方向に走査することにより、スリット状スポット光14 Yと被検パターンとが合致するときのウエハステージ5のY座標が求められる。これらL S A方式のアライメント系11 X及び11 Yにより、テストレチクル1 AからウエハW上に露光される評価用マークの像の現像後の位置が計測される。但し、例えばオフ・アクシス方式のアライメント系9を用いても、その評価用マークの像の位置を計測できる。

【0025】次に、本実施例でウエハステージ5上のY軸用の移動鏡7 Yの曲がりの計測を行う場合の動作の一例につき図1～図5を参照して説明する。先ず、本実施例では図2に示すように、テストレチクル1 Aのパターン領域2 Aには、X方向に対向するように2つのそれぞれX方向に所定ピッチで形成されたドットパターンよりなる評価用マーク15及び16を形成しておく。但し、評価用マーク15及び16はY方向に所定間隔だけ離れている。一例として評価用マーク15及び16の部分が開口パターンであり、周囲は遮光パターンであるとする。また、図8の投影光学系P Lは実際には倒立像を形成するが、以下では説明の便宜上、投影光学系P Lによる投影像を正立像であるとして説明する。

【0026】そして、図1のステップ101において、図2のテストレチクル1 Aを図8のステップにロードし、ステップ102において、図8のウエハステージ5上に評価用のフォトレジストが塗布され且つ未露光のウエハを載置する。次に、ウエハW上のフォトレジストに対する適正露光量をE A、2以上の所定の整数をnとして、ステップ103において、図3(a)に示すように、ウエハW上の或るショット領域17 Aにテストレチクル1 Aのパターン領域2 A内のパターン像をE A/nの露光量分だけ露光する。これにより、ショット領域17 Aには、それぞれ図2の評価用マーク15及び16の投影像である評価用マーク像15 A及び15 Bが露光される。

【0027】その後、図8のウエハステージ5をY座標(Y軸用のレーザ干渉計により計測される座標値)を固定したままX方向にステップ移動させる。そして、図3(a)に示すように、ショット領域17 AとX方向の端部が重なったショット領域17 Bに、テストレチクル1 Aのパターン像をE A/nの露光量分だけ露光する。これにより、ショット領域17 Bにも、評価用マーク像15 B及び16 Bが露光される。そして、以下同様に、X方向に端部が重なるように配列されたショット領域17 C～17 Fに対して、それぞれE A/nの露光量

分だけテストレチクル1 Aのパターン像を露光する。これにより、ショット領域17 C～17 Fにも、それぞれ評価用マーク15 C、16 C～15 F、16 Fが露光される。

【0028】次に、図1のステップ104において、図3(a)の一連のショット領域17 A～17 Fへの露光をn回繰り返したかどうかをチェックする。ここではまだ1回の露光が終了しただけであるため、動作はステップ103に戻り、再びウエハステージ5をステップング駆動しながら、ウエハW上のショット領域17 A～17 Fに対して、それぞれE A/nの露光量でテストレチクル1 Aのパターン像を露光する。本実施例ではそのステップ103の動作をn回繰り返して、ウエハW上のフォトレジストに対して適正露光量E Aだけの露光量を与える。繰り返しの回数nは例えば10回である。

【0029】その後、ステップ105において、ウエハWを別のプロセス装置内で現像し、再び図8のウエハステージ5上に載置する。その後、ステップ106において、図3(a)の一連のショット領域17 A～17 E上に形成された評価用マーク像16 A～16 Eのレジストパターンと、それに隣接するショット領域17 B～17 F上に形成された評価用マーク像15 B～15 FのレジストパターンとのY方向への位置ずれ量を計測する。この位置ずれ量の計測を行うには、図8のY軸用のL S A方式のアライメント系11 Yを用いる。例えば図3

(b)に示すように、評価用マーク像15 Bと16 AとのY方向への位置ずれ量を計測するものとする。評価用マーク像15 Bは実際の露光パターン15 B bの一部がレジストパターン15 B aとなり、評価用マーク像16 Aも実際の露光パターン16 A bの一部がレジストパターン16 A aとなっている。そこで、アライメント系11 Yからのスリット状スポット光14 Yに対して、ウエハステージ5をY方向に駆動して、レジストパターン15 B a及び16 A aをスリット状スポット光14 Yに対して走査する。

【0030】この場合、スリット状スポット光14 Yからの所定方向への回折光をアライメント系11 Yで受光して光電変換すると、図3(c)の曲線21に示すような光電信号Iが得られ、この光電信号Iが2つのピークを取るときのウエハステージ5のY座標を評価用マーク像15 B及び16 AのY座標として検出する。これら2つのY座標より、2つのマーク像の位置ずれ量 ΔY_1 が算出される。同様に、図3(a)において、隣接するショット領域間のY方向への位置ずれ量 $\Delta Y_2 \sim \Delta Y_5$ が計測される。

【0031】その後、ステップ107において、図3(a)のY方向への位置ずれ量 $\Delta Y_1 \sim \Delta Y_5$ より図8のY軸用の移動鏡7 YのX方向への曲がり量を求める。具体的に、位置ずれ量 $\Delta Y_1 \sim \Delta Y_5$ から、テストレチクル1 A上の2つの評価用マーク15及び16のY方向

への間隔で定まるオフセットを差し引いて得られる値が、対応するX座標での移動鏡7YのY方向への曲がり量となる。また、この曲がり量の内の線形成分から移動鏡7YのX軸に対する傾斜角も求められる。

【0032】次に、本実施例において図1のステップ103及び104で多重露光を行っていることの意味につき説明する。まず、図4は、ウエハW上の例えばショット領域17Aでの積算露光量Eの変化を示す。図4では、レチクルのパターンを露光する露光光として、水銀ランプの輝線（g線、i線等）のような連続光を使用する場合の積算露光量の変化を示している。通常の露光時間でフォトレジスト上に適正露光量を与えるための露光時間をTとすると、本実施例では、図4に示すように最初の期間T1（=T/n）において、ショット領域17AにEA/nだけの露光量を与える。その後、それぞれ露光時間Tの1/nである期間T2～Tnにショット領域17Aに対して、EA/nだけの露光量を与えることにより、最終的にショット領域17Aに対して適正露光量EAだけの露光量を与える。

【0033】なお、ここでは露光光が連続光（例えば水銀ランプからのi線）であることを前提として、露光量を露光時間（シャッターの開時間）で制御しているが、露光用の光源の照射パワーの制御、又は照明光学系の光路に配置した適当なフィルタ等の透過率を制御する方法でも可能である。また、露光光がエキシマレーザ光等のパルス光である場合、EA/nの露光量を与えるためには、パルス数と1パルス当たりのエネルギー量との少なくとも一方を制御するようにすればよい。

【0034】図5は多重露光の平均化効果に関する模式図であり、図5において、露光パターンA1～Anは、それぞれn回の多重露光中の1回目～n回目の露光によりウエハW上に投影される露光パターンを表している。図5は、各露光毎のウエハステージのY座標を共通化した場合の図であり、露光パターンA1～Anを投影する露光光19は、常に一定の位置にあるが、ウエハWの位置はウエハステージ5のステッピング誤差（駆動機構の位置決め誤差、及びレーザ干渉計における空気揺らぎ等に起因する計測値のばらつき等からなる誤差）により各露光毎にY方向にばらついている。

【0035】しかしながら、露光パターンA1～Anが全て重なる領域20では、適正積算露光量EAが与えられるため、通常の露光時と同様なパターンが露光される。一方、領域20以外の領域では、露光パターンの重なりが少なくフォトレジスト18は殆ど感光されない。従って、フォトレジスト18がポジタイプであるとする、現像後には領域20のフォトレジストだけが除去され、レジストパターンが形成される。即ち、本実施例の多重露光により、ウエハステージ5のステッピング誤差が平均化により低減され、得られるレジストパターンの位置はステッピング誤差が低減された正確な位置とな

り、計測再現性も向上している。

【0036】但し、ステッピング誤差の平均化による低減のためには、多重露光の各分割露光間には適当な時間間隔が必要である。このような多重露光を用いた場合に最終的にウエハ上に得られる露光パターン（適正露光量が得られる部分）の、ウエハステージのステッピング誤差に依存する位置決め誤差を、標準偏差の3倍で $3\sigma_s$ とする。そして、ウエハステージのステッピング誤差（標準偏差の3倍）を $3\sigma_i$ として、多重露光の回数をn回とすると、位置決め誤差 $3\sigma_s$ は次のようになる。

【0037】

$$【数1】 3\sigma_s = 3\sigma_i / n^{1/2}$$

即ち、本実施例のn回の多重露光を用いることにより、通常の露光をn回行って、得られた計測値を平均化する場合と同程度にウエハステージのステッピング誤差の影響が軽減される。しかも、本実施例では、n回の多重露光の全体の露光量は通常の1回の露光量と同じであり、且つ、計測対象とするマーク像の個数は図3（a）のような露光をn回繰り返す場合の1/nであるため、計測時間は大幅に短縮される。しかも、ウエハWの各ショット領域に対して多重露光が行われるため、仮に複数枚のウエハ上にそれぞれ多重露光して位置決め誤差の評価を行う場合でも、評価用に使用するウエハの枚数は少なく済む。

【0038】なお、上述実施例では、各露光毎に適正露光量の1/nの露光量を与えているが、使用するフォトレジストにより露光量は適正露光量の1/n以外となる場合もある。また、上記実施例では、ウエハステージをステッピング駆動しながら、ウエハ上の異なるショット領域に順次EA/nの露光量で露光し、それをn回繰り返している。しかしながら、露光工程のスループットを問題としない場合には、ウエハ上の各ショット領域毎にそれぞれEA/nの露光量で、n回の合計露光量が適正露光量EAになるまでウエハステージを駆動せずに露光を行い、適正露光量になったら次のショット領域を露光位置に移動させて露光する方法でも良い。この場合には、ウエハステージのステッピング誤差の平均化による軽減のために、それぞれEA/nの露光量を与える露光間の時間間隔を適当な時間にする必要がある。これは、主にウエハステージの座標計測用干渉計の揺らぎの周期によって決定される。

【0039】次に、本発明の第2実施例につき図6及び図7を参照して説明する。本実施例でも図8のステッパを使用するが、本実施例では図8の投影光学系PLのディストーション特性の計測を行う。図6（a）は本実施例で使用するテストレチクル1Bのパターンを示し、この図6（a）において、パターン領域2B内の中央に計測用マーク22が形成され、4隅に評価用マーク23～26が形成されている。計測用マーク22～26は同一パターンであり、計測用マーク22は、図6（b）に示

すように、Y方向に所定ピッチで配列されたドットパターンをX方向に3列配列してなるX軸用マーク27X、及びX方向に所定ピッチで配列されたドットパターンをY方向に3列配列してなるY軸用マーク27Yより構成されている。従って、本実施例の計測用マーク22～26は、図2の評価用マーク15を複数列形成したマークと、このマークを90°回転して得られるマークとを組合せたマークと等価であり、計測用マーク22～26の投影像のX方向及びY方向の位置は、それぞれ図8のLSA方式のアライメント系11X及び11Yにより検出

【0040】次に、本実施例で投影光学系PLのディストーション計測を行う場合の動作の一例につき説明する。投影光学系PLの投影像は実際には倒立像であるが、本実施例でも、分かり易くするため投影光学系PLは正立像を形成するものとして説明する。先ず、図8のテストレチクル1Aの代わりに、図6(a)に示すテストレチクル1Bをロードし、ウエハステージ5上にフォトレジストが塗布された未露光のウエハWをロードする。その後、図8の照明光学系(不図示)の照明領域(照明視野)をテストレチクル1Bのパターン領域2Bの全体に設定し、ウエハステージ5を固定した状態で露光を開始して、そのパターン領域2B全体のパターン像を投影光学系PLを介して、ウエハW上に露光する。この場合、1回の露光でフォトレジストに対して適正露光量EAを与える。

【0041】その露光により、図7(a)に示すように、ウエハW上の所定のショット領域29上に、図6(a)の計測用マーク22～26の投影像である計測用マーク像22A～26Aが露光される。次に、図8の照明光学系(不図示)の照明領域を、図6(a)のテストレチクル1Bの中央の計測用マーク22を囲む限定領域28に設定し、1回目の露光位置からウエハステージ5をX方向及びY方向にそれぞれ所定のオフセット分だけずらした状態で、限定領域28内のパターン像を投影光学系PLを介して、 EA/n (n は2以上の整数)の露光量分だけウエハW上に露光する。これにより、図7(b)に示すように、最初に露光された計測用マーク像22Aを囲む領域30A内に重ねて、計測用マーク22の像22Bが露光される。このとき、計測用マーク22の周囲に形成された遮光層によって、最初に露光されたマーク像22Aに対して露光光が照射されることはない。

【0042】その後、ウエハステージ5をステッピング駆動して、ウエハWのショット領域29上の計測用マーク像23A～26Aの設計上の位置(投影光学系PLにディストーションが無い場合の位置)に上述のオフセット補正を行った位置を、順次図6(a)の計測用マーク

22の像の露光位置に設定し、それぞれ EA/n の露光量で図6(a)の限定領域28内の計測用マーク22の像をウエハW上に露光する。これにより、図7(b)に示すように、最初に露光された計測用マーク像23A～26Aの近傍にそれぞれ計測用マーク像23B～26Bが露光される。

【0043】次に、再びウエハステージ5をステッピング駆動して、図7(a)の計測用マーク像22A～26Aの設計上の位置に上述のオフセット補正を行った位置を、順次図6(a)の計測用マーク22の像の露光位置に設定し、それぞれ EA/n の露光量で図6(a)の限定領域28内の計測用マーク22の像をウエハW上に露光する。このようにして、図7(b)の計測用マーク像22B～26B上に n 回の多重露光を行う。

【0044】その後、ウエハWを現像した後、再び図8のウエハステージ5上にロードし、LSA方式のアライメント系11X及び11Yを用いて、図7(b)の計測用マーク像22A～26Aのレジストパターンと、計測用マーク像22B～26BのレジストパターンとのX方向及びY方向への位置ずれ量を検出する。例えば、計測用マーク像24Aのレジストパターンと、計測用マーク像24Bのレジストパターンとに関して、Y方向への位置ずれ量 ΔYC がアライメント系11Yにより計測され、X方向への位置ずれ量 ΔXC がアライメント系11Xにより計測される。そして、図7(b)の計測用マーク像22A～26Aのレジストパターンと、計測用マーク像22B～26BのレジストパターンとのX方向及びY方向への位置ずれ量から、それぞれ上述のオフセット分を差し引くことにより、投影光学系PLのディストーションが求められる。

【0045】この場合、本実施例では、図7(b)の計測用マーク像22B～26Bは n 回の多重露光により形成されるため、適正露光量が得られる像の部分ではウエハステージ5のステッピング誤差が平均化により低減されている。従って、ウエハステージ5のステッピング誤差を低減させた状態で投影光学系PLのディストーションを高精度に計測できる利点がある。しかも、適正露光量の $1/n$ の露光量で n 回の露光(多重露光)を行う方式であるため、全体(n 回)の実際に露光している時間は、適正露光量で1回の露光を行う際の露光時間程度で済み、且つ、計測すべきマークの個数が少ないため、投影光学系PLのディストーションの計測(評価)に要する時間は大幅に短縮される。また、ウエハW上の1つのショット領域29上に多重露光を行う方式であるため、評価用に使用するウエハの枚数を削減できる。

【0046】なお、本実施例で図7(a)に示すように、テストレチクル1Bのパターン領域2B全体のパターン像をウエハW上に露光する際に、図7(b)の場合のように多重露光を行ってもよい。この場合、例えば m 回(m は2以上の整数)の露光で適正露光量を与えるも

10

20

30

40

50

のとする、(数1)よりウエハステージのステッピング誤差の影響が $1/m^{1/2}$ に低減される。また、本実施例において、図7(a)の全体のパターンへの露光では多重露光を行い、図7(b)の部分的なパターンの各位置への露光を通常の1回のみの露光で行ってもよい。

【0047】なお、上述実施例は、本発明をウエハステージの位置決め精度(厳密にはこの中の移動鏡の曲がり量)、及び投影光学系のディストーションの計測に適用したものであるが、本発明はそのような露光装置の特性の計測のみならず、実際のプロセスウエハへの露光にも適用できる。通常、実際のウエハへの露光の際には、先工程において露光により形成されたショット領域の内、予め選択された所定個数のサンプルショットの座標値を用いる所謂エンハスト・グローバル・アライメント方式(EGA方式)のアライメントが行われる(例えば特開昭61-44429号公報参照)。より詳しく説明すると、そのEGA方式では、サンプルショットに付設されたアライメントマーク(ウエハマーク)の位置を計測し、その結果を統計処理して重ね合せ露光を行うためのウエハステージの移動座標を決定し、その移動座標に基づいてウエハステージを移動して露光が行われる。

【0048】従って、そのEGA方式では予め計算された座標にウエハステージを移動させて露光する際のウエハステージのステッピング誤差が、重ね合せ誤差の主な要因となる。そこで、重ね合せ露光を行う2層目のショット領域に対して、本発明の分割多重露光を適用することにより、ウエハステージ(図8のウエハステージ5に対応する)のステッピング誤差が平均化により低減されて、重ね合せ誤差が低減される。

【0049】このように本発明は、ウエハを露光する工程において、ウエハステージのステッピング誤差を低減することが望まれる殆ど全ての用途に適用できるものである。また、レチクルをウエハ上に露光するための露光光としては、水銀タンブの輝線のような連続光、又はエキシマレーザ光源からの光のようなパルス光の何れでも使用できる。連続光を使用する場合の露光量は、露光光の照射エネルギー及び露光時間により決定され、パルス光を使用する場合の露光量は、パルス発光毎の照射エネルギー及び照射パルス数により決定される。更に、本発明はレチクルとウエハとを同期的に移動することによりレチクルパターンの像をウエハに露光する走査式露光装置にも全く同様に適用することができる。この走査式露光装置では、多重露光時の1回当たりの露光量(EA/n)はウエハの移動速度、レチクル(又はウエハ)上の照明領域の走査方向に関する幅、及びレチクル(又はウエハ)に入射する照明光の強度のうちの少なくとも1つを制御して調整すればよい。

【0050】このように、本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0051】

【発明の効果】本発明の第1の露光装置の評価方法によれば、ステージ(ウエハステージ)を駆動して感光基板(ウエハ)上の複数の計測領域上にそれぞれ評価用マークを多重露光し、この多重露光により形成されたマークの位置を計測している。従って、ステージのステッピング誤差を平均化により低減した状態でそのマークの位置を計測できるため、ステージの位置決め精度を高精度に評価できる。しかも、通常のそれぞれ適正露光量を与える露光を繰り返す方法と比較して、多重露光により適正露光量を得る場合には、全体として実際に露光を行う時間が短縮されると共に、計測対象のマーク像の個数が大幅に減少するため、評価に要する時間が大幅に短縮される。また、従来のようにウエハ上の異なるショット領域上に露光を繰り返す方法と比較して、本発明では感光基板上の所定のショット領域に多重露光を行うため、評価用に使用する感光基板の枚数を低減できる利点がある。

【0052】次に、第2の露光装置の評価方法によれば、第2工程において、ステージを駆動して感光基板上の複数の領域上にそれぞれ評価用マークを多重露光し、この多重露光により形成されたマークの位置を計測している。従って、ステージのステッピング誤差を平均化により低減した状態でそのマークの位置を計測できるため、投影光学系のディストーションを高精度に評価できる。しかも、通常のそれぞれ適正露光量を与える露光を繰り返す方法と比較して、多重露光により適正露光量を得る場合には、全体として実際に露光を行う時間が短縮されると共に、計測対象のマーク像の個数が大幅に減少するため、評価に要する時間が大幅に短縮される。また、従来のようにウエハ上の異なるショット領域上に露光を繰り返す方法と比較して、本発明では感光基板上の所定のショット領域に多重露光を行うため、評価用に使用する感光基板の枚数を低減できる利点がある。更に、第1工程でも多重露光を行うことにより、ステッピング誤差の影響をより少なくできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例のウエハステージ上の移動鏡の曲がり量の計測動作を示すフローチャートである。

【図2】第1実施例で使用するテストレチクル1Aのパターンを示す平面図である。

【図3】第1実施例でウエハ上の一連のショット領域に多重露光方式で露光する手順、及びその多重露光で形成された像の位置を計測する方法の説明に供する図である。

【図4】第1実施例でウエハ上の所定のショット領域に対する積算露光量の変化を示す図である。

【図5】第1実施例において多重露光により、ウエハステージのステッピング誤差が平均化されて低減される様子を示す拡大断面図である。

【図6】(a)は本発明に第2実施例で使用するテスト

トレチクル1Bを示す平面図、(b)は図6(a)中の計測用マーク22を示す拡大平面図である。

【図7】(a)はその第2実施例で最初にウェハ上のショット領域29に一括露光されるマーク像を示す拡大平面図、(b)はそのショット領域29上に一括露光、及び多重露光により露光されるマーク像を示す拡大平面図である。

【図8】本発明の実施例で使用されるステッパの要部を示す斜視図である。

【符号の説明】

1A, 1B テストレチクル

PL 投影光学系

* W ウェハ

5 ウエハステージ

7 X, 7 Y 移動鏡

8 オフ・アクシス方式のアライメント系

11 X, 11 Y LSA方式のアライメント系

15, 16 評価用マーク

14 Y スリット状スポット光

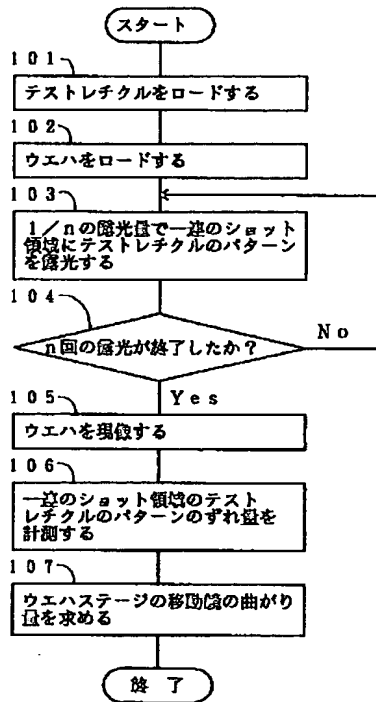
15A~15F, 16A~16F 多重露光された評価用マーク像

10 22~26 計測用マーク

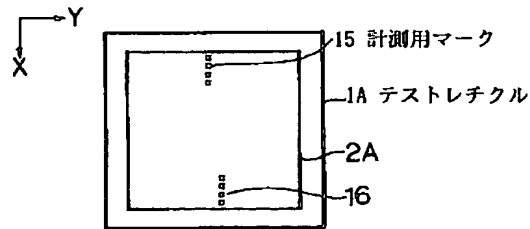
22A~26A 一括露光された計測用マーク像

* 22B~26B 多重露光された計測用マーク像

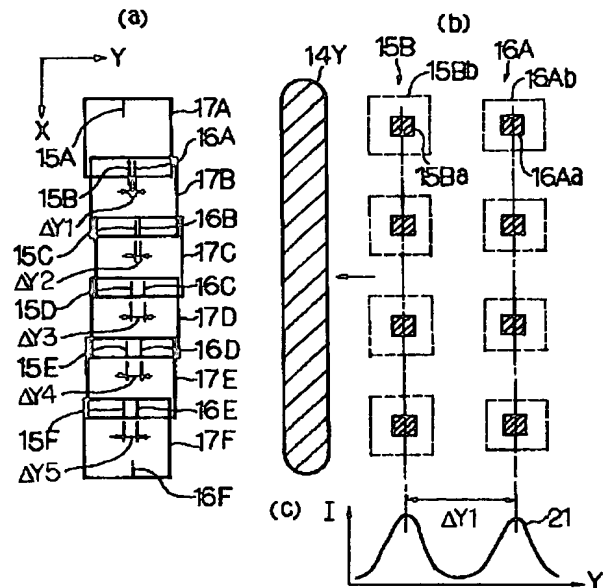
【図1】



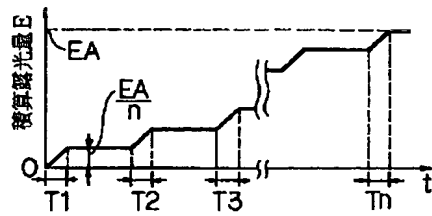
【図2】



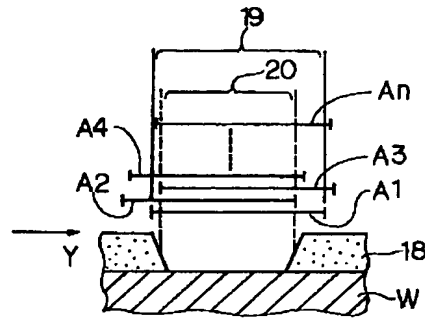
【図3】



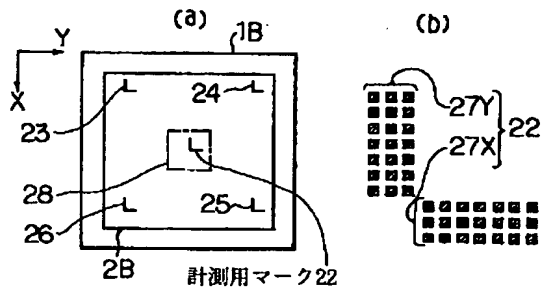
【図4】



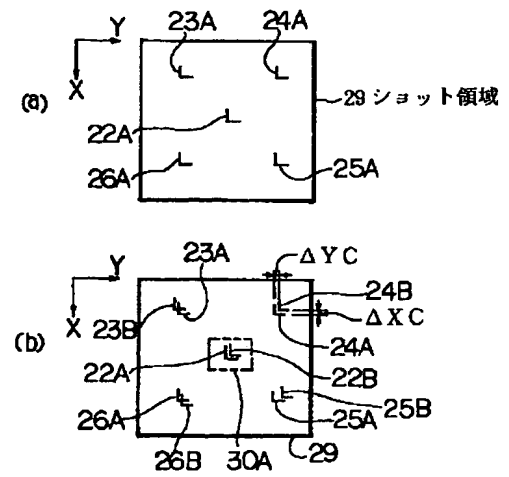
【図5】



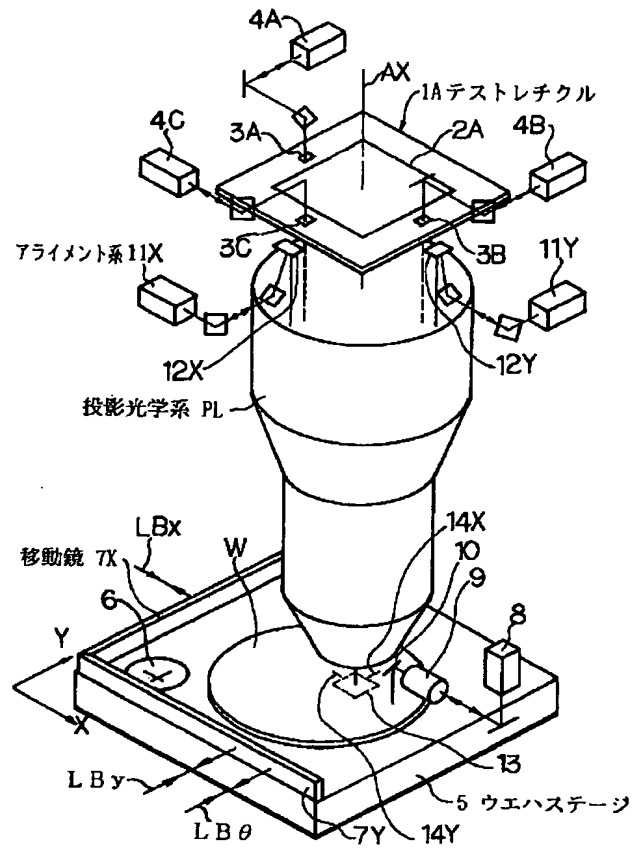
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶
H01L 21/027

識別記号 庁内整理番号 F I

技術表示箇所